

Intensificación sostenible de la ganadería bovina tropical basada en recursos locales: alternativa de mitigación ambiental para América Latina. Revisión Bibliográfica

R.I. Parra-Cortés, M.A. Magaña-Magaña* y A.T. Piñeiro-Vázquez

Tecnológico Nacional de México/I.T-Conkal. División de Estudios de Posgrado e Investigación. Avenida Tecnológico s/n Conkal, Yucatán, México. C.P: 97345

Resumen

La demanda presente y futura de alimentos ocasionada por el crecimiento de la población requiere de un mayor grado de intensificación de los sistemas productivos, pero en el caso de la ganadería su desarrollo ha implicado cambios en el uso del suelo y deterioros ambientales. Por lo tanto, la producción de carne y leche debe no superar los límites de uso de los recursos naturales y mitigar el deterioro ambiental ocasionado. El principal efecto asociado a la actividad ganadera es la emisión de gases de efecto invernadero, misma originada por la deforestación para el establecimiento de áreas de pastoreo y cultivos forrajeros, así como de la fermentación entérica de los ganados. Esta problemática requiere un análisis de la interacción ganadería-ambiente y la validación de herramientas tecnológicas idóneas para la mitigación del deterioro ambiental. En este sentido, este documento brinda información sobre alternativas de intensificación sostenible de los sistemas de producción bovina, enfatizando en sistemas pastorales de países en vías de desarrollo. Los objetivos de este artículo de revisión, son: a) realizar una síntesis comparativa de las emisiones de gases de efecto invernadero atribuidas a la intensificación de la ganadería bovina en países desarrollados y en vías de desarrollo y, b) proponer como elementos básicos de los sistemas silvopastorales la integración de árboles, arbustos y razas locales para la mitigación de los deterioros ambientales en zonas tropicales de América Latina.

Palabras clave: Bovino criollo, cambio climático, productividad, silvopastoral, sostenibilidad.

Sustainable intensification of tropical cattle raising based on local resources: environmental mitigation alternative for Latin America. Review

Abstract

The present and future demand for food caused by population growth require a greater degree of intensification of production systems, but in the case of livestock, its development has involved changes in land use and environmental deterioration. Therefore, the production of meat and milk must not exceed the limits of the use of natural resources and mitigate the environmental deterioration caused. The main effect associated with livestock activity is the emission of greenhouse gases, the same origination of deforestation for the establishment of grazing areas and forage crops, as well as the enteric fermentation of cattle. This problem requires an analysis of the interaction, between livestock, and the

* Autor para correspondencia: drmmagana@gmail.com

Cita del artículo: Parra-Cortés RI, Magaña-Magaña MA, Piñeiro-Vázquez AT (2019). Intensificación sostenible de la ganadería bovina tropical basada en recursos locales: alternativa de mitigación ambiental para América Latina. Revisión Bibliográfica. ITEA-Información Técnica Económica Agraria 115(4): 342-359. <https://doi.org/10.12706/itea.2019.003>

environment and the validation of suitable technological tools for the mitigation of environmental deterioration. In this sense, this document provides information on alternatives for sustainable intensification of livestock production systems, emphasizing pastoral systems in developing countries. The objectives of this review article are: a) to conduct a comparative synthesis of greenhouse effect gas emissions attributed to the intensification of cattle ranching in developed and developing countries and, b) to propose as basic elements of the silvopastoral systems the integration of trees, shrubs and local breeds for the mitigation of environmental deterioration in tropical areas of Latin America.

Keywords: Creole bovine, climate change, productivity, silvopastoral, sustainability.

Introducción

En 2017, la población mundial alcanzó una cifra cercana a los 7.500 millones de personas y se espera para el 2050 supere los 9.700 millones (FAO, 2018). El crecimiento demográfico hace que las naciones se preocupen por garantizar la seguridad alimentaria, el uso sostenible de los recursos y la disponibilidad de medios de vida en las comunidades. En la actualidad los países desarrollados han logrado mantener los volúmenes de alimentos que requieren sus habitantes, resultado de la estabilidad en la oferta de insumos productivos y el uso de combustibles fósiles. Sin embargo, cerca de 821 millones de personas sufren inseguridad alimentaria (FAO, 2018).

La demanda de alimentos en los países desarrollados se ha asociado con el cambio en las preferencias de los consumidores, condición favorecida por el aumento en el poder adquisitivo. Estos cambios han provocado la intensificación tecnológica, biológica y química de la producción de alimentos, así como una mayor presión sobre los recursos naturales (Sadowski y Baer-Nawrocka, 2018). En los países en vías de desarrollo, la demanda de alimentos ha promovido la cría de ganado, situación conocida como la "revolución ganadera" (Thorn-ton, 2010; Wright et al., 2012).

La actividad ganadera ante las presiones de la demanda de alimentos se ha intensificado en diversas partes del mundo, a través de incrementos en la capacidad de carga animal

por unidad de superficie, el uso de piensos y el mérito genético de las razas (Bava et al., 2014). No obstante, la ganadería intensiva ha demandado el uso a gran escala de recursos naturales como suelo, agua y combustibles fósiles (De Vries y De Boer, 2010). Así mismo la cría de ganado se ha asociado a diversos deterioros en los ecosistemas tales como deforestación, erosión del suelo, pérdida de biodiversidad, eutrofización y emisiones de gases (Steinfeld et al., 2006).

La ganadería es una de las fuentes de emisión continua y acumulativa de gases de efecto invernadero (GEI), mismos que son responsables en cierta medida del cambio climático y el calentamiento global contribuyendo entre el 14,5 y 15% de las emisiones totales de GEI (Gerber et al., 2013; Gerssen-Gondelach et al., 2017). Mientras tanto, el cambio climático ocasiona en la actividad ganadera problemas de escasez de recursos naturales, pérdida de la biodiversidad y deterioro en la salud de los animales, estos últimos relacionados con la disminución de alimentos, la incidencia de plagas, reaparición de enfermedades y estrés calórico (Rojas-Downing et al., 2017).

El proceso de intensificación de la actividad ganadera debe responder al aumento estimado de 100% en la demanda de alimentos para el año 2050 (FAO, 2018) y, de no ser reorientado con principios sostenibles, éste continuará generando deterioros ambientales. Frente a este escenario, la ganadería además de contribuir con la oferta de alimentos,

debe mitigar los daños ecológicos presentes y evitar el incremento de los deterioros futuros (Steinfeld *et al.*, 2006). Por esta exigencia, los sistemas de producción ganaderos en los países en vías de desarrollo deberán ser cada vez más intensivos, eficientes y sostenibles (McDermott *et al.*, 2010).

La información sobre alternativas eficaces para encontrar la armonía entre la ganadería, su proceso de intensificación y los ecosistemas es escasa ante la creciente demanda de alimentos. La generación de dicha información requiere el previo estudio de la interacción ganadería-ambiente y la posterior validación de herramientas tecnológicas idóneas para la mitigación de los deterioros ambientales en cada región del mundo. En respuesta a la necesidad de información sobre esta temática, los objetivos de este artículo son: a) elaborar una síntesis comparativa de los antecedentes del comportamiento de las emisiones de GEI atribuidas a la intensificación de la ganadería bovina en países desarrollados y en vías de desarrollo; y b) proponer como elementos básicos en los sistemas silvopastorales la integración de árboles, arbustos y razas locales, como alternativa para la mitigación de GEI en zonas tropicales de América Latina.

Aspectos generales sobre la intensificación de los sistemas de producción ganadera

En términos generales y según sus características e interacciones con el entorno, los sistemas de producción ganadera pueden ser clasificados en pastorales, mixtos (cría de ganado y cultivos) o industriales (Seré *et al.*, 1996). Se considera que los sistemas más intensivos en el uso de los recursos naturales, capital y mano de obra son los industriales, condición que les permite alcanzar mayores rendimientos productivos y menores pérdidas energéticas. Entretanto, los sistemas pastorales donde se desarrolla la cría de los rumiantes se

clasifican en extensivos en áreas marginales, extensivos en áreas con alto potencial y pastorales intensivos (Steinfeld *et al.*, 2006).

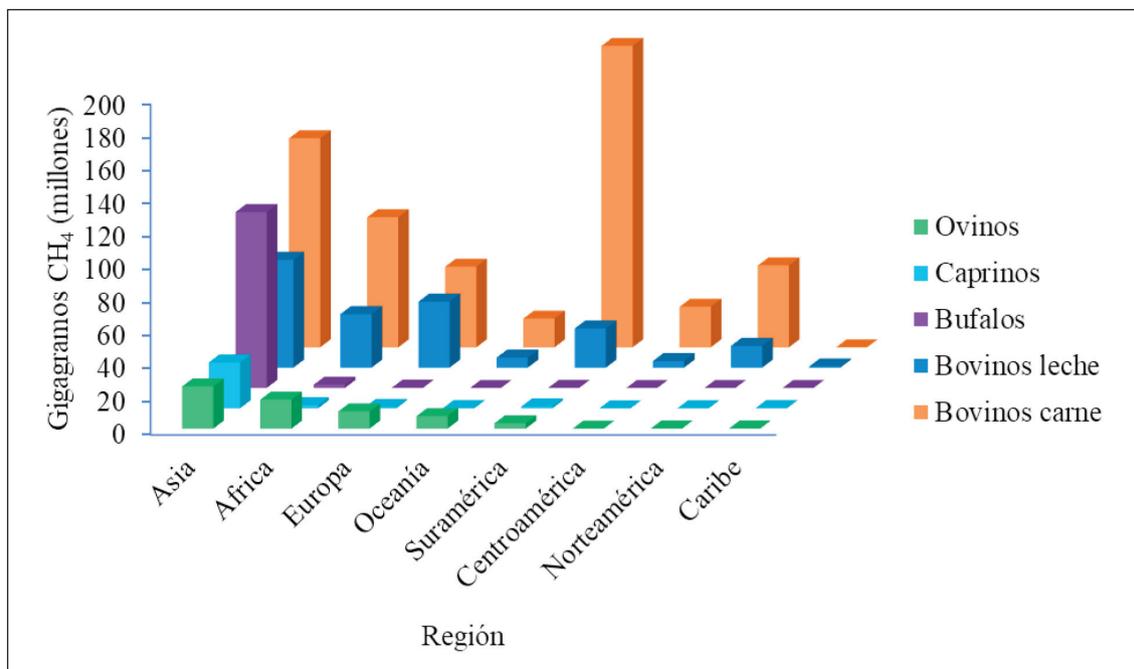
Un sistema de producción ganadero puede ser considerado como intensivo cuando el hombre al hacer aprovechamiento de los recursos disponibles, realiza cambios tecnológicos y ejerce una gestión avanzada de las empresas, de tal manera que logra incrementar la producción, la productividad y la calidad de los productos (Carswell, 1997; Bebe *et al.*, 2002; Udo *et al.*, 2011). Consecuentemente, se alcanza un mayor nivel de intensificación en un sistema de producción ganadera, si éste presenta cambios tecnológicos endógenos o la transición hacia otro tipo de sistema más intensivo (Gerssen-Gondelach *et al.*, 2017). No obstante, los cambios relacionados con la intensificación de la actividad ganadera han ocasionado importantes costos ambientales y sociales.

Mientras suceden los deterioros ambientales se presenta una reasignación de los recursos naturales, ejemplo de esto es el aprovechamiento del 70% de la superficie agrícola mundial para la crianza de ganado y el cultivo de forrajes. Por lo tanto, al modificarse las coberturas nativas de los ecosistemas a la ganadería se le atribuyen cambios en el uso del suelo relacionados con la deforestación y la emisión de GEI (Steinfeld *et al.*, 2006; Gerber *et al.*, 2013; Herrero *et al.*, 2013).

Entre los GEI se encuentran el dióxido de carbono (CO_2), el metano (CH_4) y el óxido nítrico (N_2O), éstos medidos en términos de unidades equivalentes de dióxido de carbono ($\text{CO}_{2\text{-eq}}$) y señalados como los principales responsables del calentamiento global. Actualmente se estima que los sistemas de producción ganadera emiten entre el 14,5 y 15% de los GEI, de esta cifra entre el 60 y 80 % corresponde a cambios en la cobertura del suelo (Gerber *et al.*, 2013; Gerssen-Gondelach *et al.*, 2017).

La cría de rumiantes se considera como una fuente de CH_4 y N_2O , gases que provienen de la fermentación entérica, la deposición de excretas, la fertilización nitrogenada de los pastos y el uso de estiércoles como abonos

orgánicos (O'Mara, 2011), en consecuencia los sistemas de producción orientados a la obtención de carne y leche bovina son las mayores fuentes de GEI; problemática más acentuada en las regiones tropicales (Figura 1).



Fuente: Elaboración propia basado en información de FAO (2018).

Figura 1. Emisiones de CH_4 a partir de la fermentación entérica en rumiantes domésticos (2016).

Figure 1. Emissions of CH_4 from enteric fermentation in domestic ruminants (2016).

En estudios realizados se ha estimado que al producir un kilogramo de carne bovina en sistemas intensivos se emite entre 9,9 y 36,4 $\text{CO}_2\text{-eq}$ de GEI, mientras que en sistemas extensivos las emisiones presentan un rango entre 12 a 44 $\text{CO}_2\text{-eq}$ (Pelletier et al., 2010; Capper y Hayes, 2012). Por su parte, en la producción de un kilogramo de leche bovina se reportó que las emisiones de GEI presentan un rango entre 1,0 a 1,6 $\text{kg CO}_2\text{-eq}$ (Beauchemin et al., 2009). La variación en las cifras observadas es

atribuida al nivel tecnológico de los sistemas de producción ganadera, así como a metodologías aún no estandarizadas para la medición de gases atmosféricos a nivel mundial (Bertrand y Barnett, 2011; Derner et al., 2017).

Según Herrero et al. (2013), las emisiones de GEI provenientes de la actividad ganadera son menores en la mayoría de los países desarrollados, esto atribuido a la mejora en las prácticas de alimentación y a la calidad nutricional de los productos alimenticios ofreci-

dos a los animales; mientras que en países en vías de desarrollo de las zonas tropicales, la intensidad de las emisiones de GEI es elevada como resultado del suministro de forrajes con limitada calidad nutricional y a la cría de animales con baja conversión alimenticia. Por lo tanto, en el trópico mediante alternativas idóneas para la alimentación de los rumiantes es posible intensificar sus sistemas de producción y mitigar sus correspondientes emisiones de GEI (Thornton, 2010).

Un cambio endógeno, orientado hacia intensificación de la ganadería tropical, es la optimización en el manejo de las praderas y la mejora de la calidad nutricional de los forrajes (Eckard et al., 2010; Hristov et al., 2013). No obstante, en zonas tropicales predominan pastizales de escasa calidad nutricional, razas de ganado con baja conversión alimenticia y riesgos asociados con la variabilidad climática, factores que condicionan la producción ganadera, favorecen las emisiones de GEI e influyen sobre las estrategias de gestión de los sistemas de producción.

Se ha demostrado que una forma para mitigar las emisiones de GEI provenientes de la fermentación entérica es la inclusión de granos en la alimentación de rumiantes, ya que éstos reducen la producción de ácido acético en el rumen y consiguen un descenso en las cantidades emitidas de CH_4 (Valencia-Salazar et al., 2018). Otra forma para mitigar las emisiones de GEI en condiciones de pastoreo es la selección de rumiantes con menores requerimientos energéticos, mayor conversión alimenticia y ciclos productivos menos prolongados; cualidades que le confieren al sistema una mayor productividad por unidad de superficie, principio en el que se sustenta la intensificación de la ganadería (Steinfeld et al., 2006; Beauchemin et al., 2009).

Ante el dilema de aumentar la producción mundial de alimentos y a su vez proteger el ambiente, emerge como respuesta la “agri-

cultura sostenible”, definida por la Plataforma de la Iniciativa de Agricultura Sostenible (SAI, 2018), como la producción eficiente de productos inocuos y de alta calidad obtenidos a partir de procesos que preservan el entorno natural, las condiciones sociales y económicas de las comunidades y que salvaguardan la salud y bienestar de todas las especies agrícolas. En la actualidad desarrollar la agricultura de manera sostenible se torna en uno de los retos más importantes para la sociedad y los sistemas de producción agropecuarios (Goss et al., 2017). En lo particular, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, así como el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, han promovido en zonas tropicales programas de ganadería sostenible para lograr una mejor interacción entre los sistemas de producción y el ambiente.

Finalmente, en la búsqueda de alternativas que armonicen la relación entre la intensificación de los agroecosistemas y el ambiente se desarrolló el concepto de “intensificación sostenible”, el cual es definido por Milera (2013) como “el incremento de la producción a partir de la misma área de tierra, al tiempo que se reducen los efectos negativos para el medio ambiente, se aumenta la contribución al capital natural y el flujo de servicios ambientales que constituyen un objetivo estratégico medioambiental”. Avances en la aplicación de los principios y fundamentos teórico-prácticos asociados a dicho concepto, son los programas de incentivos económicos que otorgan los gobiernos y organizaciones de países desarrollados a los gobiernos, entidades gremiales y productores de países en vías de desarrollo por la oferta de servicios agroecosistémicos, donde se contemplan los sistemas silvopastorales como alternativa de mitigación de deterioros ambientales y medio de intensificación idónea para la ganadería bovina en zonas tropicales (Murgueitio, 2009).

Intensificación de la ganadería bovina y sus emisiones de GEI en países desarrollados

El proceso de intensificación de la ganadería bovina en países desarrollados durante las últimas siete décadas ha mejorado los niveles de producción, pero ha ocasionado deterioros en recursos naturales como suelo, aire, fuentes de agua y en el estado de la biodiversidad (Naylor et al., 2005; Capper et al., 2009). Además, la intensificación de la actividad ganadera a su vez se ha asociado con afectaciones en la salud humana y el bienestar de los animales, por lo que en la actualidad la aceptación social de los sistemas intensivos ha disminuido (Tarawali et al., 2011).

La producción de carne bovina en Estados Unidos y de leche en Europa, presentan un comportamiento similar con relación a las emisiones de GEI y la transición de sus sistemas productivos extensivos a intensivos en estas regiones ha promovido mejores indicadores de desempeño productivo de sus ganados, así como la mitigación de sus emisiones de GEI (Pelletier et al., 2010). Al cambiar de un sistema de producción de carne bovina basado en pastos a uno de tipo mixto (cultivos y animales), se ha encontrado una reducción de las emisiones de GEI cercana al 16%, y cuando se presenta una transición de sistema mixto a uno de tipo industrial, la reducción es aproximadamente del 9% (Pelletier et al., 2010). Pero no solo en condiciones intensivas de confinamiento ha sido posible mitigar las emisiones de GEI; un ejemplo de esto son los resultados obtenidos en sistemas pastorales de Brasil, donde se reporta un mayor volumen de la producción de carne bovina aunada a una reducción cercana al 50% en las emisiones de GEI. Los resultados obtenidos en condiciones de pastoreo son atribuibles a cambios tecnológicos como la utilización de pastos mejorados y la implementación de métodos de rotación de las áreas destinadas al pastoreo (Dick et al., 2015).

Los procesos de intensificación de la producción láctea en Europa han permitido la disminución de las emisiones de GEI por kilogramo de leche producida. Así, al comparar sistemas de producción de leche bovina en pastoreo y mixtos (incluyen cultivos y ganados), se encontró un menor nivel de las emisiones de GEI al mejorar las fuentes de alimentación de los animales, situación que se presenta en mayor medida en sistemas de tipo mixto (Gerssen-Gondelach et al., 2017). En contraste, Lovett et al. (2008) reportó que la mejora de la alimentación a través del suministro de piensos en sistemas mixtos de producción de leche no favorece la disminución de las emisiones de GEI ni una mejora en la productividad por hectárea.

En el caso de los países en vías de desarrollo donde la ganadería bovina en su mayoría es de tipo pastoral, el panorama es esperanzador al replicar los buenos resultados obtenidos en Brasil y en otras zonas tropicales, ya que al mejorar las prácticas de manejo de los pastos se logra mitigar las emisiones de GEI, mientras se contribuye con el abastecimiento de carne y leche bovina (Hörtenhuber et al., 2010; Bartl et al., 2011; O'Brien et al., 2012).

Intensificación de la ganadería bovina en países en vías de desarrollados: estrategias y avances

La ganadería es considerada la única fuente de subsistencia para al menos 20 millones de familias y la principal fuente de ingresos para cerca de 200 millones de pequeños productores en zonas tropicales de Asia, África y América Latina (FAO, 2017). En las zonas tropicales del mundo se encuentran ubicados la mayor parte de los países en vías de desarrollo y coexisten los sistemas de producción ganadera extensivos, de subsistencia e industriales (Mcdermott et al., 2010). Así mismo, el ganado bovino cumple con diversas funcio-

nes socioculturales y productivas en las zonas tropicales entre las que se destacan el abastecimiento de alimentos, el aprovisionamiento de fuerza para la tracción en el cultivo de la tierra o como medio de transporte, el suministro de excretas que sirven de abono, combustible o material para construcción, así como objeto de ahorro e inversión para los pequeños productores.

En la actualidad el cambio climático confiere limitantes técnicas y deterioros a los sistemas de producción, según el Grupo de Alto Nivel de Expertos en Seguridad Alimentaria y Nutrición (HLPE, 2016), las tendencias económicas presentes y futuras posicionan a los países en vías de desarrollo en zonas tropicales, como despensas de alimento para la creciente población mundial. Consecuentemente, para incrementar las cantidades de carne y leche en zonas tropicales es relevante la intensificación de la ganadería bovina mediante cambios tecnológicos idóneos, además de estrategias que eviten la desaparición de los sistemas tradicionales de economía familiar, mixtos y de pequeña escala. Lo anterior debe realizarse de tal manera que los incrementos productivos no agudicen los deterioros ambientales, la pobreza y los conflictos sociales relacionados con la tenencia de la tierra, el acceso y la distribución de los alimentos.

Además de los deterioros ambientales, la intensificación de los sistemas ganaderos ha implicado el uso de un número limitado de razas altamente productivas, marginando a su vez los sistemas tradicionales basados en recursos zoogenéticos locales, así como favoreciendo la pérdida de diversidad genética en los agroecosistemas. En el caso particular de los bovinos disponibles de origen local, éstos se han cruzado con otros de origen exótico, ocasionando erosión genética, reducción de las poblaciones originales y, en casos extremos, la extinción de razas (Núñez-Domínguez et al., 2016).

Sin embargo, alcanzar la intensificación sostenible de los sistemas ganaderos es posible mediante la mejora de las prácticas de alimentación, así como a la implementación de planes de mejoramiento genético de razas locales y programas de cruzamiento de estas razas con otras de tipo comercial (Gerber et al., 2013). Al respecto, un buen ejemplo son los resultados obtenidos de la última década en Brasil, donde la intensificación de sus sistemas pastorales ha sido posible gracias al cultivo eficiente de pastos y la adopción de tecnologías idóneas; señalando la ruta que debe seguir la ganadería bovina en zonas tropicales. Por lo tanto, un reto importante para los sistemas de producción bovina es el de fomentar la seguridad alimentaria a partir de recursos locales, con el fin de contribuir a la oferta de carne y leche y a la mitigación de los deterioros ambientales asociados a la cría de ganados (Scholten et al., 2013).

Alternativas de intensificación sostenible para la ganadería bovina en América Latina

Una alternativa para los países en vías de desarrollo de América Latina y el Caribe ante el reto de la seguridad alimentaria, es la intensificación de la ganadería bovina practicada en los agroecosistemas bajo un enfoque sostenible, con lo cual se alcanzaría el objetivo de proveer beneficios ambientales y sociales a las comunidades rurales de tales regiones. Al respecto, los gobiernos de países desarrollados han transferido recursos económicos para el financiamiento de proyectos de producción bovina sostenible en América Latina, tal como es el caso del proyecto "Ganadería Colombiana Sostenible" y el "Programa de Ganadería y Manejo del Medio Ambiente" en Costa Rica. Estos proyectos promueven los sistemas silvopastorales como alternativas de intensificación, al aumentar la oferta y la ca-

lidad de los forrajes y con éstas la carga animal; además brindan servicios ecosistémicos a la sociedad, como ya fue mencionado.

En América Latina las áreas más susceptibles a la ampliación de la frontera agrícola destinada para la ganadería bovina son la Amazonía en Brasil, el chaco americano en Argentina, Paraguay y Bolivia, y las zonas áridas y semiáridas de Argentina y Chile (FAO, 2018). Con la inminente expansión de la ganadería ha sido necesaria la toma de decisiones para mitigar la pobreza, generar riqueza y estimular formas de producción sostenibles, es decir, implementar el enfoque de desarrollo sostenible de la mejor manera posible. Esto en países con potencial productivo, sin marginar los sistemas tradicionales, que representan el sustento de los pequeños productores. Entre las principales estrategias de intensificación orientadas en la búsqueda de la producción sostenible de carne y leche bovina en América Latina, se ha implementado y evaluado sistemas de aprovechamiento de los recursos naturales más eficaces como los sistemas silvopastorales y, en menor proporción, pero de igual importancia para tal fin, se tiene disponibilidad y uso de los recursos zoogenéticos locales.

Sistemas silvopastorales con especies arbóreas y arbustivas locales

La ganadería bovina en zonas tropicales de América Latina se ha basado en sistemas extensivos con monocultivos de pastos, modelo poco adecuado para la región (Sánchez, 1999; Murgueitio, 2009). Los pastizales en estas zonas se caracterizan por su baja calidad y escasa productividad, características que se acrecientan en épocas de sequía, por lo que los ganaderos deben utilizar mayores áreas de pastoreo y destinar más recursos para la compra de suplementos alimenticios (Ferguson et al., 2013). En zonas tropicales y como res-

puesta a los deterioros generados por la ganadería se han evaluado diversos árboles y arbustos locales, éstos sirven de alimento y sombra para los ganados, además contribuyen con la fertilidad, el balance hídrico y la fijación de nutrientes en el suelo, así como con la captación de dióxido de carbono. De esta manera es como este tipo de sistemas se ha convertido en una herramienta tecnológica útil en la adaptación y mitigación al cambio climático, debido a que proporciona una variedad de bienes y servicios ambientales benéficos para la sociedad (Steinfeld et al., 2006; Murgueitio e Ibrahim, 2008; Nahed-Toral et al., 2013). Algunas de las especies leñosas más utilizadas en sistemas silvopastorales en América Latina se presentan en la Tabla 1.

Con la expansión ganadera y la consecuente ampliación de las áreas deforestadas destinadas a la siembra y manejo de cultivos agrícolas, se ha propiciado el cambio en el uso del suelo, ocasionando que esta actividad productiva se traslade a zonas boscosas, por lo que la deforestación debe ser evitada al integrar a los animales en forma armónica a los bosques; lo cual es posible con la implementación de sistemas silvopastorales (Ibrahim et al., 2007). Este tipo de sistemas son definidos como la integración de árboles y arbustos con pastos y animales para lograr sostenibilidad económica, ecológica y social (Ibrahim et al., 2011). Entre las principales ventajas de los sistemas silvopastorales están el incremento de la cobertura vegetal, la oferta de sombra y el declive del estrés calórico en los animales; además de la mejora en la producción y la calidad de los pastos, el aprovisionamiento de nutrientes y la fijación de nitrógeno en los suelos, ocasionando de esta manera la reducción del uso de fertilizantes químicos.

Así mismo, los sistemas silvopastorales ofrecen una alternativa sostenible para aumentar la biodiversidad animal y vegetal, y para aumentar los niveles de producción animal con reducida dependencia de los insumos externos (Sánchez, 1999). Es importante señalar

Tabla 1. Árboles y arbustos disponibles en América Latina, útiles en sistemas silvopastorales.
 Table 1. Trees and bushes available in Latin America, useful in Silvopastoral systems.

Nombre científico	Nombre común
<i>Acrocomia vinifera</i>	Coyol
<i>Alnus acuminata</i>	Aliso
<i>Bombacopsis quinatum</i>	Cedro espinoso
<i>Bursera simaruba</i>	Palo mulato
<i>Cajanus cajan</i>	Guandú
<i>Carapa guianensis</i>	Caobilla
<i>Ceiba pentandra</i>	Ceiba
<i>Citrus</i> spp.	Cítricos
<i>Cordia alliodora</i>	Laurel blanco
<i>Cordia gerascantus</i>	Móncoro
<i>Cratylia argentea</i>	Cratilia
<i>Crescentia</i> spp.	Totumo
<i>Enterlobium cyclocarpum</i>	Guanacaste u orejero
<i>Erythrina</i> spp.	Eritrina
<i>Eucalyptus globulus</i>	Eucalipto
<i>Gliricidia sepium</i>	Matarratón
<i>Guzuma ulmifolia</i>	Guácimo
<i>Hyeronima alchornoides</i>	Pilón
<i>Leucaena</i> spp.	Leucaena
<i>Malvaviscus penduliflorus</i>	Malvavisco
<i>Mangifera indica</i>	Mango
<i>Myracrodruon urundeuva</i>	Aroeira
<i>Psidium guajava</i>	Guayabo
<i>Spondias</i> spp.	Jobo
<i>Samanea (Pithecellobium) saman</i>	Samán
<i>Tabebuia rosea</i>	Roble
<i>Tithonia diversifolia</i>	Botón de Oro
<i>Trichanthera gigantea</i>	Nacedero
<i>Urera caracasana</i> (Jacq.) Gaudich. ex Griseb.	Caracasana
<i>Zeyhera tuberculosa</i>	Cabeza de mono

Fuente: Elaboración propia basada en Murgueitio (2009).

que los árboles y arbustos que tienen la posibilidad de ser asociados a la cría de ganado para integrar los diversos tipos de sistemas silvopastorales, ofrecen servicios ambientales tales como regulación de emisiones de GEI, restauración de suelos, conservación de la biodiversidad, protección de las cuencas de los ríos, conectividad de los corredores ambientales y embellecimiento del paisaje (Ibrahim et al., 2007; Nahed-Toral et al., 2013).

Retomando el punto central de este escrito, se puede afirmar que los sistemas silvopastorales son una vía para establecer una ganadería bovina intensiva y sostenible. Sin embargo, existen algunas desventajas que limitan la implementación masiva de los sistemas silvopastorales, destacan los problemas de propagación de las especies y los altos costos de establecimiento para el cultivo de árboles y arbustos. Al superar estas problemáticas los sistemas silvopastorales continuarán posicionándose como la alternativa de intensificación sostenible idónea para la ganadería bovina en zonas tropicales de América latina.

Uso de recursos zoogenéticos locales

Como ya fue expuesto, los procesos de industrialización o intensificación de la ganadería en el ámbito mundial han favorecido el aprovechamiento de un menor número de razas bovinas y, a su vez, provocado la subutilización de los recursos zoogenéticos locales. Según FAO (2013), en América Latina los sistemas de producción ganaderos predominantes son de tipo pastoral y mixto, con un moderado uso de tecnología e incluyen cerca del 60% de razas de tipo local. Sin embargo, varios estudios han mencionado que las razas nativas o locales presentan un mejor desempeño adaptativo al medio en comparación con razas exóticas y sus cruces. Lo anterior, es más evidente en condiciones ambientales

tropicales, ya que esto se debe a la incapacidad de los genes que poseen los animales de origen exótico para expresarse y adaptarse a estas condiciones (Collier et al., 2008; Baumgard y Rhoads, 2013; Das et al., 2016).

Algunas de las razones de la subutilización de los recursos zoogenéticos locales, son: escasa información de sus características productivas, desconocimiento del valor genético de los ejemplares existentes y baja inclusión de estos recursos en programas de mejoramiento y de conservación genética (Salazar y Cardozo, 1981; Tewolde et al., 2007). Lo indicado contrasta con lo que sucede con las razas bovinas comerciales, mismas que son destinadas a la industrialización ganadera, ya que éstas han sido ampliamente estudiadas y se dispone de información sobre su comportamiento general, lo que garantiza la fijación de características sobresalientes en planes de mejoramiento de rebaños bovinos, otorgándoseles mejores condiciones para su comercio internacional, incentivos para su uso a través de subsidios y su inclusión en proyectos ganaderos nacionales.

Es importante mencionar que la mayoría de los ganaderos que aprovechan las razas locales no suelen ser recompensados con precios diferenciales de los productos obtenidos a partir de éstas, así como no son distinguidos en el mercado como alimentos de alto valor nutricional y con excelentes cualidades sensoriales. Por el contrario, las razas utilizadas en sistemas de ganadería intensiva y sus productos sí son reconocidos en la sociedad como vitales para la seguridad alimentaria (Hoffmann, 2011). El aprovechamiento de razas de animales con alto potencial productivo, en zonas donde el acceso a insumos para la producción no presenta inconvenientes, permite estandarizar los procesos y alcanzar mayores indicadores productivos, en especial en los países desarrollados. Sin embargo, en zonas tropicales de los países en vías de desarrollo, las razas locales y sus sistemas de producción

se consideran ineficientes por el bajo rendimiento y altas emisiones de gases de efecto invernadero, esto asociado a la baja calidad de los forrajes, limitada infraestructura física y tecnológica, acceso a los mercados, aspectos socioculturales, así como problemas coyunturales derivados del entorno.

Un factor importante en la adopción y aprovechamiento de los recursos zoogenéticos locales, son las condiciones del mercado exterior, las cuales indican las tendencias en el consumo y la conformación de la oferta. Según el Programa de Producción Ganadera y otras organizaciones internacionales (LPP et al., 2010), los nichos de mercado para productos con denominación de origen provenientes de razas locales ofrecen grandes oportunidades para la conservación de estos recursos. Por su parte, la comercialización de carne y leche bovina a precios justos ofrece la oportunidad a los países de América Latina de abastecer parte del mercado de los países desarrollados. Por lo cual, en esta región se deberá fortalecer el vínculo entre la conservación, la producción agropecuaria y el cuidado de la naturaleza; garantizándose la participación de los medianos y pequeños productores en los mercados, para esto es requisito incentivar la intensificación ganadera basada en servicios ecosistémicos, haciendo énfasis en razas bovinas locales y siguiendo las normas del comercio internacional.

En América Latina los bovinos criollos han sido evaluados para determinar sus potencialidades productivas y adaptativas. Los resultados obtenidos destacan las ventajas comparativas de estos animales respecto de otros genotipos, tales como la fertilidad, longevidad, mansedumbre, resistencia a parásitos y tolerancia al estrés calórico, así como sobresaliente calidad organoléptica y nutricional de su carne y leche (De Alba, 2011). Las características de los bovinos criollos son el resultado de cruzamientos entre razas de origen europeo y africano que fueron embarcadas

hacia América desde la península Ibérica en tiempos de la conquista, posterior aislamiento geográfico y la adaptación a condiciones edafoclimáticas del Nuevo Mundo. Los procesos de colonización dieron paso a nuevos cruzamientos raciales, así como la distribución de los ganados por las diversas regiones de América (Tabla 2).

Actualmente, los núcleos genéticos de las razas bovinas criollas son escasos, como resultado de la revolución ganadera del siglo XX que favoreció el cruzamiento indiscriminado de éstas con otras razas denominadas mejoradas. Así mismo, el cambio climático impone a la ganadería retos como enfermedades, estrés por calor, escasez o exceso de agua, baja cantidad y calidad de forrajes y reducción de la biodiversidad (Thornton et al., 2010; Núñez-Domínguez et al., 2016). Ante este contexto los bovinos criollos se posicionan como una fuente de diversidad genética, al emplearse en planes de cruzamientos con las razas más difundidas en América Latina para conformar hatos con mejor capacidad de adaptación a los riesgos conferidos por el cambio climático.

Finalmente, la globalización de los mercados y el intercambio genético han ocasionado el suministro de insumos de alto costo para garantizar el desempeño productivo de los ganados, así como un menor índice de rentabilidad de los hatos bovinos tropicales de América Latina. En este caso, el aprovechamiento de los recursos zoogenéticos disponibles como las razas criollas, permite alcanzar mejores indicadores de desempeño técnico-económico y reducir la vulnerabilidad de los sistemas de producción bovina frente a debilidades internas o amenazas provenientes del entorno. Así mismo, existe la necesidad de intensificar la producción de carne y leche, contexto donde los recursos zoogenéticos locales pueden contribuir con este fin sin dejar de lado los sistemas tradicionales y la mejora de las condiciones de producción de los sistemas que hacen transición hacia sistemas más intensivos y sostenibles.

Tabla 2. Biotipos bovinos locales y adaptados disponibles en América.
 Table 2. Local and adapted bovine biotypes available in America.

Región	País	Biotipos locales y exóticos adaptados
Norteamérica	Estados Unidos	Florida Craker, Pineywoods, Brahman ^s , Texas Longhorn
	México	Criollo de Baja California o Chinampo, Criollo de Chiapas, Criollo de Chihuahua, Criollo lechero tropical, Criollo de Nayarit, Criollo Poblano y Frijolillo
Centroamérica	Guatemala	Barroso
	Nicaragua	Reyna
	Panamá	Guabala, Guaymi
	R. Dominicana	Criollo Dominicano
Islas del Caribe	Cuba	Criollo Cubano, Siboney ^s y St Croix
	Islas Vírgenes	Senepol ^s
Suramérica	Argentina	Criollo Argentino
	Brasil	Caracú, Curraleiro o Pie duro, Guzerat ⁱ , Gyr ⁱ , Indubrasil ^s , Lagaeano, Nelore ⁱ , Mocho Nacional, Pantaneiro, Tabapúa ^s , Tucura o Cuiabano, Sahiwal ⁱ , Sindi ⁱ
	Bolivia	Criollo Ñeembuc, Saavedreño, Yacumeño
	Chile	Criollo Patagónico
	Colombia	Blancorijinegro, Caqueteño, Chino Santandereano, Costeño con cuernos, Hartón del valle, Lucerna ^s , Romosinuano, Sanmartinero, Velásquez ^s
	Ecuador	Criollo ecuatoriano
	Paraguay	Criollo Arróyense, Criollo Pilcomayo y Pampa Chaqueño
	Perú	Criollo de las sierras
	Uruguay	Criollo Uruguayo
	Venezuela	Carora ^s , Limonero y Llanero venezolano

Los superíndices "s" denotan raza sintética, proveniente de cruces entre razas *Bos indicus* y *Bos taurus*. Los superíndices "i" denotan razas *Bos indicus*, descendientes de bovinos africanos que llegaron a América después del siglo XVIII. Sin literales denotan razas *Bos taurus*, descendientes de bovinos ibéricos que llegaron a América durante las épocas de la Conquista y la Colonia.

Fuente: Elaboración propia basada en Primo (1992) y De Alba (2011).

Conclusiones

En América Latina los sistemas de producción de carne y leche bovina presentan tendencias de cambio de tradicionales a intensivos, atribuidas al aumento de la demanda de productos de origen animal. Los pequeños y medianos productores de esta región del mundo buscan alternativas para alcanzar mejores indicadores de desempeño productivo de sus rebaños, con el menor costo de producción y, a su vez realizar o adoptar prácticas de mitigación de los deterioros sobre el medio ambiente, agudizados por el cambio climático.

La búsqueda de sistemas de producción más intensivos y sostenibles posiciona a los recursos zoogenéticos locales como aptos para el diseño de sistemas de producción resilientes capaces de enfrentar los cambios en el entorno. A la pregunta ¿Qué se requiere en América Latina para intensificar la actividad ganadera bovina, sin acrecentar o mitigar los deterioros en los ecosistemas naturales?, se puede contestar que, primero, se requiere promover masivamente el cultivo y aprovechamiento de árboles y arbustos tanto endémicos, como introducidos con potencial forrajero, para la alimentación de los animales y, en segundo lugar promover la investigación e inversión para la recuperación de la diversidad genética de los bovinos locales de América, éstos también denominados criollos (Figura 2).

A pesar de que existe un gran interés por las razas bovinas criollas, el número de hembras es reducido y los toros destinados a la reproducción en su mayoría carecen de análisis de genotipificación; por lo que se desconocen cuáles son los ejemplares portadores de genes responsables de las mejores características de desempeño productivo. En cuanto a su alimentación, surge como alternativa sustentable para este fin el aprovechamiento de árboles y arbustos forrajeros en sistemas silvopastorales. Para lograr los mejores resul-

tados en dichos sistemas, es recomendable utilizar recursos fitogenéticos disponibles, métodos de propagación vegetal acordes a las condiciones agroecológicas y el adecuado manejo agronómico, esto mediante tecnologías apropiadas para las diversas regiones, disponibilidad de capital y condiciones socio-culturales de los productores.

Por último, y con base en las potencialidades que presentan los recursos naturales disponibles en los países de América Latina, puede afirmarse que de superarse las principales limitaciones técnicas, socioeconómicas y ambientales asociadas a la dinámica de la actividad ganadera bovina, esta región podrá contribuir al desarrollo sostenible global, a la seguridad alimentaria y a la mitigación de los deterioros ambientales, garantizando así el bienestar de las poblaciones humanas presentes y futuras de la región y de otras partes del mundo.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Tecnológico Nacional de México por la financiación recibida para la realización del proyecto "Características técnico-económicas de los sistemas de producción bovina con biotipos criollos: Directriz para el análisis de sostenibilidad", clave 6462.18-P, del cual este artículo de revisión es un entregable.

Referencias bibliográficas

- Bartl K, Gómez C, Nemecek T (2011). Life cycle assessment of milk produced in two smallholder dairy systems in the highlands and the coast of Peru. *Journal of Cleaner Production* 19(13): 1494-1505. DOI: 10.1016/j.jclepro.2011.04.010
- Baumgard LH, Rhoads RP Jr (2013). Effects of heat stress on postabsorptive metabolism and ener-



Figura 2. Contrastes de la ganadería bovina tropical en América Latina. ⁽¹⁾ Ganadería bovina no sostenible. ⁽²⁾ Ganadería bovina sostenible, sistema silvopastoral basado en bovinos criollos y arbustos locales (Colombia).

Figure 2. Contrasts of cattle farming in Latin America. ⁽¹⁾ Non-sustainable breeding cattle. ⁽²⁾ Sustainable breeding cattle, silvopastoral system based on creole cattle and local forages (Colombia).

- getics. *Annual Review of Animal Biosciences* 1(1): 311-337. DOI: 10.1146/annurev-animal-031412-103644
- Bava L, Sandrucci A, Zucali M, Guerci M, Tamburini A (2014). How can farming intensification affect the environmental impact of milk production? *Journal of Dairy Science* 97(7): 4579-4593. DOI: 10.3168/jds.2013-7530
- Beauchemin K, McAllister TA, McGinn SM (2009). Dietary mitigation of enteric methane from cattle. *CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources* 4(035):1-18. DOI: 10.1079/pavsnr20094035
- Bebe BO, Udo HMJ, Thorpe W (2002). Development of smallholder dairy systems in the Kenya highlands. *Outlook on Agriculture* 31(2): 113-120. DOI: 10.5367/000000002101293958
- Bertrand S, Barnett J (2011). Standard method for determining the carbon footprint of dairy products reduces confusion. *Animal Frontiers* 1(1): 14-18. DOI: 10.2527/af.2011-0011
- Capper JL, Cady RA, Bauman DE (2009). The environmental impact of dairy production: 1944 compared with 2007. *Journal of Animal Science* 87(6): 2160-2167. DOI: 10.2527/jas.2009-1781
- Capper J, Hayes D (2012). The environmental and economic impact of removing growth-enhancing technologies from U.S. beef production. *Journal of Animal Science* 90(10): 3527-3537. DOI: 10.2527/jas.2011-4870
- Carswell G (1997). Agricultural intensification and rural sustainable livelihoods: a "Think Piece". *IDS Working Paper 64*, Brighton: IDS. Disponible en: <http://www.ids.ac.uk/files/dmfile/Wp64.pdf> (Consultado: 3 febrero 2018).
- Collier RJ, Collier JL, Rhoads RP, Baumgard LH (2008). Invited review: Genes involved in the bovine heat stress response. *Journal of Dairy Science* 91(2): 445-454. DOI: 10.3168/jds.2007-0540
- Das R, Sailo L, Verma N, Bharti P, Saikia J, Imtiwat, Kumar R (2016). Impact of heat stress on health and performance of dairy animals: A review. *Veterinary World* 9(3): 260-268. DOI: 10.14202/vetworld.2016.260-268
- De Alba J (2011). *El libro de los bovinos criollos de América*. Biblioteca Básica de Agricultura. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México: 444 pp.
- Derner JD, Hunt L, Filho KE, Ritten J, Capper J, Han G (2017) Livestock production systems. En: *Rangeland Systems* (Ed. Briske D), pp. 347-372. Springer Series on Environmental Management. DOI: 10.1007/978-3-319-46709-2_10
- De Vries M, De Boer IJM (2010). Comparing environmental impacts for livestock products: A review of life cycle assessments. *Livestock Science* 128(1-3): 1-11. DOI: 10.1016/j.livsci.2009.11.007
- Dick M, Abreu da Silva M, Dewes H (2015). Life cycle assessment of beef cattle production in two typical grassland systems of southern Brazil. *Journal of Cleaner Production* 96: 426-434. DOI: 10.1016/j.jclepro.2014.01.080
- Eckard RJ, Grainger C, De Klein CAM (2010). Options for the abatement of methane and nitrous oxide from ruminant production: A review. *Livestock Science* 130(1-3): 47-56. DOI: 10.1016/j.livsci.2010.02.010
- FAO (2013). Status and trends of animal genetic resources – 2012. Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/meeting/027/mg046e.pdf> (Consultado: 10 marzo 2018).
- FAO (2017). Ganadería sostenible y cambio climático en América Latina y el Caribe. Disponible en: <http://www.fao.org/americas/perspectivas/ganaderia-sostenible/es/> (Consultado: 10 marzo 2018).
- FAO (2018). Datos de alimentación y agricultura. Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/en/#data> (Consultado: 12 marzo 2018).
- Ferguson BG, Diemont SAW, Alfaro-Arguello R, Martin JF, Nahed-Toral J, Álvarez-Solís D, Pintoruíz R (2013). Sustainability of holistic and conventional cattle ranching in the seasonally dry tropics of Chiapas, Mexico. *Agricultural Systems* 120: 38-48. DOI: 10.1016/j.agsy.2013.05.005
- Gerber PJ, Steinfeld H, Henderson B, Mottet A, Opio C, Dijkman J, Falcucci A, Tempio G (2013).

- Tackling climate change through livestock – A global assessment of emissions and mitigation opportunities. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Rome, Italia. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i3437e.pdf> (Consultado: 15 marzo 2018).
- Gerssen-Gondelach SJ, Lauwerijssen RBG, Havlík P, Herrero M, Valin H, Faaij APC, Wicke B (2017). Intensification pathways for beef and dairy cattle production systems: Impacts on GHG emissions, land occupation and land use change. *Agriculture, Ecosystems y Environment* 240: 135-147. DOI: 10.1016/j.agee.2017.02.012
- Goss MJ, Carvalho M, Brito I (2017). Agronomic Opportunities to Modify Cropping Systems and Soil Conditions Considered Supportive of an Abundant, Diverse AMF Population. En: *Functional Diversity of Mycorrhiza and Sustainable Agriculture - Management to Overcome Biotic and Abiotic Stresses* (Ed. Goss MJ, Carvalho M, Brito I), pp. 15-38. Academic Press. DOI: 10.1016/B978-0-12-804244-1.00002-2
- Herrero M, Havlík P, Valin H, Notenbaert A, Rufino MC, Thornton PK, Blümmel M, Weiss F, Grace D, Obersteiner M (2013). Biomass use, production, feed efficiencies, and greenhouse gas emissions from global livestock systems. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 110(52): 20888-20893. DOI: 10.1073/pnas.1308149110
- HLPE (2016). Desarrollo agrícola sostenible para la seguridad alimentaria y la nutrición: ¿qué función desempeña la ganadería? Informe del Grupo de alto nivel de expertos en seguridad alimentaria y nutrición del Comité de Seguridad Alimentaria Mundial. Ed. FAO, Roma, Italia. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i5795s.pdf> (Consultado: 8 abril 2018).
- Hoffmann I (2011). Livestock biodiversity and sustainability. *Livestock Science* 139(1-2): 69-79. DOI: 10.1016/j.livsci.2011.03.016
- Hörtenhuber S, Lindenthal T, Amon B, Markut T, Kirner L, Zollitsch W (2010). Greenhouse gas emissions from selected Austrian dairy production systems-model calculations considering the effects of land use change. *Renewable Agriculture and Food Systems* 25(04): 316-329. DOI: 10.1017/s1742170510000025
- Hristov AN, Oh J, Lee C, Meinen R, Montes F, Ott T, Firkins J, Rotz A, Dell C., Adesogan A, Yang W, Tricarico J, Kebreab E, Waghorn G, Dijkstra J, Oosting S (2013). Mitigation of greenhouse gas emissions in livestock production: A review of technical options for non-CO₂ emissions. Ed. Gerber PJ, Henderson, Makkar HPS. *FAO Animal Production and Health Paper No. 177*. FAO, Roma, Italia. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/018/i3288e/i3288e.pdf> (Consultado: 7 abril 2018).
- Ibrahim M, Chacón M, Cuartas C, Naranjo J, Ponce G, Vega P, Casasola F, Rojas J (2007). Carbon storage in soil and biomass in land use systems of ranchlands of Colombia, Costa Rica and Nicaragua. *Agroforestería en las Américas* 4: 27-36.
- Ibrahim M, Guerra L, Casasola F, Neely C (2011). Chapter X. Importance of silvopastoral systems for mitigation of climate change and harnessing of environmental benefits. En: *Grassland carbon sequestration: management, policy and economics* (Ed. Abberton M, Conant R, Batello C), pp.189-190. FAO, Italia, Roma.
- Lovett DK, Shalloo L, Dillon P, O'Mara FP (2008). Greenhouse gas emissions from pastoral based dairying systems: The effect of uncertainty and management change under two contrasting production systems. *Livestock Science* 116(1-3): 260-274. DOI: 10.1016/j.livsci.2007.10.016
- LPP, LIFE Network, IUCN-WISP, FAO (2010). Adding value to livestock diversity – Marketing to promote local breeds and improve livelihoods. *FAO Animal Production and Health Paper. No. 168*. Rome, Italia. Disponible en: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-2010_-_fao_adding_value_-_ipaf_patagonia.pdf (Consultado: 7 febrero 2018).
- McDermott JJ, Staal SJ, Freeman HA, Herrero M, Van de Steeg JA (2010). Sustaining intensification of smallholder livestock systems in the tropics. *Livestock Science* 130(1-3): 95-109. DOI: 10.1016/j.livsci.2010.02.014
- Milera M (2013). Contribución de los sistemas silvopastoriles en la producción y el medio ambiente. *Avances en Investigación Agropecuaria* 17(3): 7-24. Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=83728497002> (Consultado: 8 abril 2018).

- Murgueitio E, Ibrahim M (2008). Ganadería y Medio Ambiente en América Latina. En Ganadería del futuro: Investigación para el desarrollo. (Ed. Murgueitio E, Cuartas C, Naranjo J) pp.19-40. Fundación CIPAV. Cali, Colombia.
- Murgueitio E (2009). Incentivos para los sistemas silvopastoriles en América Latina. *Avances en Investigación Agropecuaria* 13(1): 3-20. Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=83712269002> (Consultado: 7 abril 2018).
- Nahed-Toral J, Valdivieso-Pérez A, Aguilar-Jiménez R, Cámara-Cordova J, Grande-Cano D (2013). Silvopastoral systems with traditional management in southeastern Mexico: a prototype of livestock agroforestry for cleaner production. *Journal of Cleaner Production* 57: 266-279. DOI: 10.1016/j.jclepro.2013.06.020
- Naylor R, Steinfeld H, Falcon W, Galloway J, Smil V, Bradford E, Alder J, Mooney H (2005). Losing the Links Between Livestock and Land. *Science* 310(5754): 1621-1622. DOI: 10.1126/science.1117856
- Núñez-Domínguez R, Ramírez-Valverde R, Saavedra-Jiménez LA, García-Muñoz JG (2016). La adaptabilidad de los recursos zoogenéticos Criollos, base para enfrentar los desafíos de la producción animal. *Archivos de Zootecnia* 65(251): 461-468.
- O'Brien D, Shalloo L, Patton J, Buckley F, Grainger C, Wallace M (2012). A life cycle assessment of seasonal grass-based and confinement dairy farms. *Agricultural Systems* 107: 33-46. DOI: 10.1016/j.agsy.2011.11.004
- O'Mara FP (2011). The significance of livestock as a contributor to global greenhouse gas emissions today and in the near future. *Animal Feed Science and Technology* 166-167: 7-15. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2011.04.074
- Pelletier N, Pirog R, Rasmussen R (2010). Comparative life cycle environmental impacts of three beef production strategies in the Upper Midwestern United States. *Agricultural Systems* 103(6): 380-389. DOI: 10.1016/j.agsy.2010.03.009
- Primo AT (1992). El ganado ibérico en las Américas: 500 años después. *Archivos de Zootecnia* 41(extra): 421-432. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=278746> (Consultado: 4 febrero 2018)
- Rojas-Downing MM, Nejadhashemi AP, Harrigan T, Woznicki SA (2017). Climate change and livestock: Impacts, adaptation, and mitigation. *Climate Risk Management* 16: 145-163. DOI: 10.1016/j.crm.2017.02.001
- Sadowski A, Baer-Nawrocka A (2018). Food and environmental function in world agriculture-Interdependence or competition? *Land Use Policy* 71: 578-583. DOI: 10.1016/j.landusepol.2017.11.005
- SAI (2018). Definition Sustainable Agriculture. Disponible en: <http://www.saiplatform.org/sustainable-agriculture/definition> (Consultado: 7 febrero 2018).
- Salazar J, Cardozo A (1981). Ponencia I. Desarrollo del Ganado Criollo en América Latina: Resumen histórico y distribución actual. En: Recursos genéticos animales en América Latina (Ed. Müller-Haye B, Gelman J) FAO y PNUMA, Roma, Italia.
- Sánchez MD (1999). Sistemas agroforestales para intensificar de manera sostenible la producción animal en Latinoamérica tropical. En: Conferencia electrónica de la FAO sobre "Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica" (Ed. Sánchez MD, Rosales Méndez M), pp. 1-36. FAO, Roma, Italia. Disponible en: <http://www.fao.org/livestock/agap/frg/agrofor1/Sanchez1.txt> (Consultado: 10 febrero 2018).
- Scholten MC, De Boer IJM, Gremmen B, Lokhorst C (2013). Livestock Farming with Care: towards sustainable production of animal-source food. *NJAS – Wageningen Journal of Life Sciences* 66: 3-5. DOI: 10.1016/j.njas.2013.05.009
- Seré C, Steinfeld H, Groenewold J (1996). World livestock production systems: Current status, issues and trends. FAO Animal Production and Health Paper. No. 127, Rome, Italia.
- Steinfeld H, Gerber P, Wassenaar T, Castel V, Rosales M, de Haan C (2006). Livestock's Long Shadow. Ed. FAO, Roma, Italia. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/010/a0701e/a0701e00.HTM> (Consultado: 6 febrero 2018)
- Tarawali S, Herrero M, Descheemaeker K, Grings E, Blümmel M (2011). Pathways for sustainable development of mixed crop livestock systems: Taking a livestock and pro-poor approach. *Livestock Science*, 139(1-2): 11-21. DOI: 10.1016/j.livsci.2011.03.003

- Tewelde A, Gutierrez E, Lucero F (2007). La producción animal en América Latina y el Caribe: Limitantes, oportunidades y perspectivas. XX Reunión ALPA, XXX Reunión APPA-Cusco-Perú. Archivos Latinoamericanos de Producción Animal 15: 53-57 Disponible en: <http://www.bioline.org.br/pdf?la07030> (Consultado: 25 enero 2018).
- Thornton P (2010). Livestock production: recent trends, future prospects. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences 365(1554): 2853-2867. DOI: 10.1098/rstb.2010.0134
- Udo HMJ, Aklilu HA, Phong LT, Bosma RH, Budisatria IGS, Patil BR, Samdup T, Bebe BO (2011). Impact of intensification of different types of livestock production in smallholder crop-livestock systems. Livestock Science, 139(1-2): 22-29. DOI: 10.1016/j.livsci.2011.03.020
- Valencia-Salazar SS, Piñeiro-Vázquez AT, Molina-Botero IC, Lazos-Balbuena FJ, Uuh-Narváez JJ, Segura-Campos MR, Ramírez-Avilés L, Solorio-Sánchez FJ, Ku-Vera JC (2018). Potential of *Samanea saman* pod meal for enteric methane mitigation in crossbred heifers fed low-quality tropical grass. Agricultural and Forest Meteorology 258:108-116. DOI: 10.1016/j.agrformet.2017.12.262
- Wright IA, Tarawali S, Blümmel M, Gerard B, Teufel N, Herrero M (2012). Integrating crops and livestock in subtropical agricultural systems. Journal of the Science of Food and Agriculture 92(5): 1010-1015. DOI: 10.1002/jsfa.4556

(Aceptado para publicación el 22 de enero de 2019)